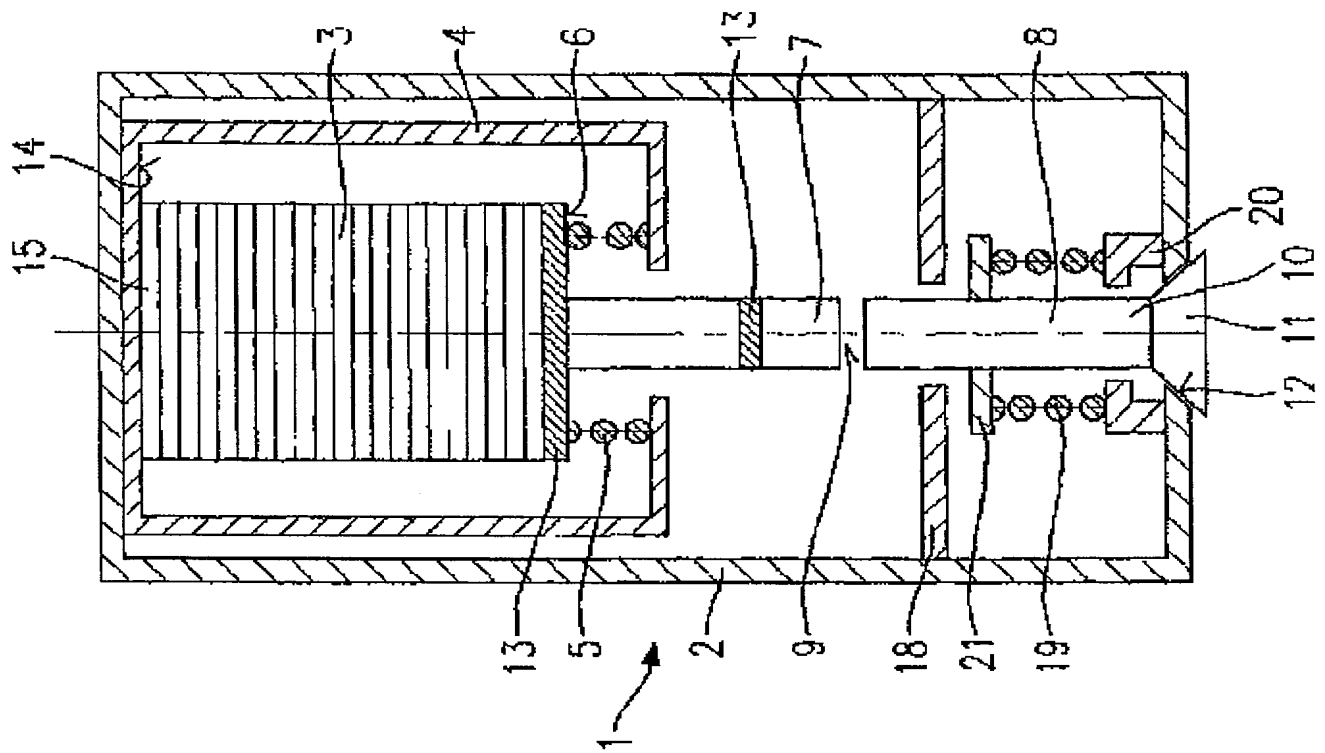


AN: PAT 2003-541662  
TI: Fuel injection valve for directly injecting fuel into the combustion chamber of an ICE, has a piezoelectric/magneto-restrictive actuator to operate a valve-closing body  
PN: WO2003052260-A1  
PD: 26.06.2003  
AB: NOVELTY - A motor vehicle internal combustion engine fuel injector valve-closing body (11) interacts with a seating of a valve surface (12) to form a seal seating. In an actuating path between an actuator (3) and the valve-closing body there is a compensating gap (9). The actuator and/or the actuating path have a measuring element (13) to measure force exerted by the actuator on the valve-closing body. The actuator is controlled to keep the compensating gap closed.; USE - Motor vehicle internal combustion engine fuel injection valve. ADVANTAGE - Allows simple construction with compensation for thermal expansion of components. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a cross section diagram of a fuel injection valve in a motor vehicle internal combustion engine. Actuator 3 Compensating gap 9 Valve-closing body 11 Seating of valve surface 12 Measuring element 13  
PA: (BOSC ) BOSCH GMBH ROBERT; (LISK/) LISKOW U;  
IN: LISKOW U;  
FA: WO2003052260-A1 26.06.2003; US6953158-B2 11.10.2005; **DE10162250-A1** 03.07.2003; US2004118951-A1 24.06.2004; EP1458971-A1 22.09.2004; KR2004068253-A 30.07.2004; JP2005513324-W 12.05.2005;  
CO: AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EE; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; JP; KR; LI; LU; MC; NL; PT; SE; SK; TR; US; WO;  
DN: JP; KR; US;  
DR: AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EE; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC; NL; PT; SE; SK; TR; LI;  
IC: B05B-001/08; B05B-001/30; F02D-041/20; F02M-051/00; F02M-051/06; F02M-061/16;  
MC: V02-E02A3; X22-A02A; X22-A03G;  
DC: P42; Q53; V02; X22;  
FN: 2003541662.gif  
PR: DE1062250 18.12.2001;  
FP: 26.06.2003  
UP: 19.10.2005





①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 62 250 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 M 51/06**  
F 02 D 41/20

②1 Aktenzeichen: 101 62 250.3  
②2 Anmeldetag: 18. 12. 2001  
④3 Offenlegungstag: 3. 7. 2003

DE 101 62 250 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦4 Vertreter:  
Mitscherlich & Partner, Patent- und Rechtsanwälte,  
80331 München

⑦2 Erfinder:  
Liskow, Uwe, 71679 Asperg, DE

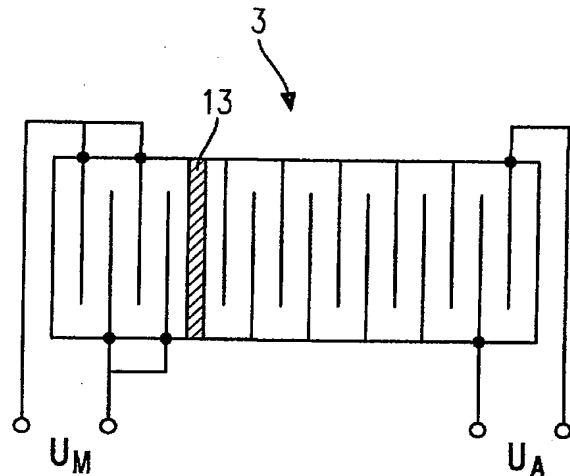
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 199 18 976 A1  
DE 198 49 203 A1  
DE 198 48 950 A1  
DE 101 30 857 A1  
DE 100 16 474 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Brennstoffeinspritzventil

⑤7 Ein Brennstoffeinspritzventil (1) zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine umfaßt einen piezoelektrischen oder magnetostriktiven Aktor (3) und einen von dem Aktor (3) betätigbaren Ventilschließkörper (11), der mit einer Ventilsitzfläche (12) zu einem Dichtsitz zusammenwirkt, wobei in einem Betätigungspfad zwischen dem Aktor (3) und dem Ventilschließkörper (11) ein Ausgleichspalt (9) vorhanden ist. In dem Aktor (3) und/oder in dem Betätigungspfad ist ein Meßelement (13) vorgesehen, wobei das Meßelement (13) die durch den Aktor (3) auf den Ventilschließkörper (11) ausgeübten Kräfte mißt und der Aktor (3) so geregelt wird, daß der Ausgleichspalt (9) geschlossen gehalten wird.



DE 101 62 250 A 1

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Brennstoffeinspritzventil nach der Gattung des Hauptanspruchs.

[0002] Beispielsweise ist aus der DE 198 49 203 A1 ein Brennstoffeinspritzventil für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen bekannt. Es umfaßt einen Ventilschließkörper, der mit einem Ventilsitzkörper zu einem Dichtsitz zusammenwirkt, und einen piezoelektrischen Aktor zur Betätigung des Ventilschließkörpers. Der piezoelektrische Aktor umfaßt Piezo-Schichten und eine oder mehrere Temperaturkompensations-Schichten. Die Temperaturkompensations-Schichten haben einen Temperaturausdehnungs-Koeffizienten, dessen Vorzeichen dem Temperaturausdehnungs-Koeffizienten der Piezo-Schichten entgegengesetzt ist.

[0003] Weiterhin ist aus der DE 199 18 976 A1 ein Brennstoffeinspritzventil für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen bekannt, welches einen ersten piezoelektrischen oder magnetostriktiven Aktor, eine von dem ersten Aktor auf die Ventilnadel betätigbaren Ventilschließkörper, der mit einer Ventilsitzfläche zu einem Dichtsitz zusammenwirkt, und einen zweiten piezoelektrischen oder magnetostriktiven Aktor aufweist, der entgegen dem ersten Aktor auf die Ventilnadel einwirkt. Dabei sind die Aktoren in Längsrichtung des Brennstoffeinspritzventils hintereinander angeordnet und durch ein Lagerelement miteinander verbunden, das in dem Brennstoffeinspritzventil ortsfest gelagert ist.

[0004] Nachteilig an dem aus der DE 198 49 203 A1 bekannten Brennstoffeinspritzventil ist, daß die Temperaturkompensation durch spezielle Schichten innerhalb des Aktors erfolgt, wobei das Material dieser Temperaturkompensationsschichten eine entgegengerichtete Temperaturausdehnung aufweist. Dies führt insbesondere bei schnellen dynamischen Vorgängen zu Problemen, da sich die verschiedenen Materialien bedingt durch die unterschiedlichen Temperaturausdehnungs-Koeffizienten anders verhalten. Außerdem muß ein spezieller Aktor mit Temperaturkompensationsschichten entwickelt werden.

[0005] Nachteilig bei dem aus der DE 199 18 976 A1 bekannten Brennstoffeinspritzventil ist die durch die axial versetzte Anordnung der Aktoren bedingte große Baulänge, die zudem mit einer Verbreiterung des Brennstoffeinspritzventils, die durch die Lagerung der Lagerplatte bedingt ist, einhergeht.

#### Vorteile der Erfindung

[0006] Das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß herkömmliche Stapelaktoren oder Aktoren mit mehreren getrennten Bereichen mit Kompensationselementen durch eine Meß- und Regeleinrichtung so ansteuerbar sind, daß ein Spielausgleich für die temperaturbedingten Längenänderungen des Aktors in einfacher und kostengünstiger Weise ohne die Verwendung teurer INVAR-Materialien ermöglicht wird.

[0007] Von Vorteil ist dabei auch, daß die getrennte Ansteuerung des Öffnungsaktors und des Ausgleichsaktors mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten erfolgen kann, so daß das dynamische Verhalten des Brennstoffeinspritzventils nicht beeinträchtigt wird, die Temperaturkompensation jedoch langsam erfolgen kann.

[0008] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterentwicklungen des im

Hauptanspruch angegebenen Brennstoffeinspritzventils möglich.

[0009] Vorteilhafterweise kann das Meßelement an einer beliebigen Stelle des Aktors im Kraftfluß vor dem Ausgleichsspalt angeordnet sein. Eine Vorspannung auf das Meßelement kann dabei durch das gemeinsame Einspannen des Meßelementes in die Aktorpatrone erreicht werden.

[0010] Weiterhin ist von Vorteil, daß das Meßelement auch außerhalb des Aktors, beispielsweise in das Betätigungselement integriert, angeordnet sein kann.

#### Zeichnung

[0011] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0012] Fig. 1A eine stark schematisierte, geschnittene Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäß ausgestalteten Brennstoffeinspritzventils,

[0013] Fig. 1B eine stark schematisierte, geschnittene Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäß ausgestalteten Brennstoffeinspritzventils,

[0014] Fig. 2A eine schematische Ansicht eines Stapelaktors des erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils,

[0015] Fig. 2B eine schematische Ansicht eines Aktors des erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils mit getrennten Ansteuerungsbereichen,

[0016] Fig. 3A eine schematische Darstellung des zeitlichen Verlaufs der in dem Aktor wirkenden Kräfte ohne Ausgleichsaktor, und

[0017] Fig. 3B eine schematische Darstellung des zeitlichen Verlaufs der in dem Aktor wirkenden Kräfte mit Ausgleichsaktor.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0018] Fig. 1A zeigt in einer stark schematisierten Schnittdarstellung einen Längsschnitt durch die wesentlichen Bauteile eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils 1. Das Brennstoffeinspritzventil 1 ist als Brennstoffeinspritzventil 1 für gemischverdichtende, fremdgezündete Brennkraftmaschinen ausgebildet. Es eignet sich insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine.

[0019] Das Brennstoffeinspritzventil 1 umfaßt ein Gehäuse 2, in welchem ein piezoelektrischer Aktor 3 angeordnet ist. Der piezoelektrische Aktor 3 kann dabei beispielsweise aus mehreren miteinander verbundenen piezoelektrischen Schichten 14 aufgebaut sein. Der Aktor 3 ist in einer Aktorpatrone 4 gekapselt und wird durch eine zwischen dem Aktor 3 und der Aktorpatrone 4 eingespannte Vorspannfeder 5 auf Vorspannung gebracht. Die Kapselung des Aktors 3 ist zum Schutz des Aktors 3 gegen chemische Beschädigungen durch den Brennstoff nötig. Andererseits ist der bereits in der Aktorpatrone 4 vormontierte Aktor 3 einfacher zu montieren und zusätzlich vor Beschädigungen durch mechanische Belastungen beim Einbau geschützt.

[0020] Der Aktor 3 stützt sich mit einem abströmseitigen Ende 6 an einem stempelförmig ausgebildeten Betätigungskörper 7 ab.

[0021] Abströmseitig des Betätigungskörpers 7 ist eine Ventilnadel 8 angeordnet, welche über einen Ausgleichsspalt 9 von dem Betätigungskörper 7 beabstandet ist. Die Ventilnadel 8 weist an ihrem abströmseitigen Ende 10 einen Ventilschließkörper 11 auf, der mit einer an dem Gehäuse 2 des Brennstoffeinspritzventils 1 ausgebildeten Ventilsitzfläche 12 einen Dichtsitz bildet. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich um ein nach außen öffnendes Brennstoffein-

spritzventil 1.

[0022] Die Ventilnadel 8 ist abströmseitig des Ausgleichsspalts 9 von zwei Führungselementen 18 und 20 geführt. Zur Rückstellung der Ventilnadel 8 bei nichtbestromtem Aktor 3 dient eine Rückstellfeder 19, welche zwischen der Ventilnadelführung 20 und einer Scheibe 21, welche kraftschlüssig mit der Ventilnadel 8 verbunden ist, eingespannt ist.

[0023] Erfindungsgemäß weist das Brennstoffeinspritzventil 1 ein Meßelement 13 auf, welches an einer beliebigen Stelle in einem Betätigungspfad, der den Betätigungskörper 7 und die Ventilnadel 8 umfaßt, zwischen dem Aktor 3 und dem Ventilschließkörper 11 angeordnet ist. Im vorliegenden ersten Ausführungsbeispiel ist das Meßelement 13 zwischen einer Stirnseite 14 der Aktorpatrone 4 und einem zulaufseitigen Ende 15 des Aktors 3 angeordnet. Das Meßelement 13 kann aber auch, wie in Fig. 1B dargestellt, zwischen dem abströmseitigen Ende 6 des Aktors 3 und dem Betätigungskörper 7 angeordnet sein, so daß sich die Vorspannfeder 5 an dem Meßelement 13 abstützt.

[0024] Das Meßelement 13 kann alternativ auch, wie ebenfalls in Fig. 1B dargestellt, in den Betätigungskörper 7 integriert sein. Weiterhin kann auch der Aktor 3 in unterschiedlicher Weise gekapselt und vorgespannt sein, wodurch das Meßelement 13 an unterschiedlichen Stellen im Kraftfluß angeordnet sein kann. Es muß lediglich gewährleistet sein, daß das Meßelement 13 zulaufseitig des Ausgleichsspalts 9 angeordnet ist.

[0025] Um die Weite des zwischen dem Betätigungskörper 7 und der Ventilnadel 8 ausgebildeten Ausgleichsspalts 9 so steuern zu können, daß ungewollte Öffnungsphasen des Brennstoffeinspritzventils 1 durch Längenänderungen des Aktors 3 aufgrund thermischer Effekte vermieden werden und ein konstanter Öffnungshub der Ventilnadel 8 erzielt werden kann, ist erfindungsgemäß das Meßelement 13 vorgesehen. Das Meßelement 13 mißt dabei die vom Aktor 3 ausgeübten Kräfte. Durch einen nicht weiter dargestellten Regelkreis können die Aktorspannung sowie die Spannung eines Ausgleichsaktors 16 so geregelt werden, daß ein zuverlässiger Spielausgleich erfolgt, ohne die dynamischen Eigenschaften des Aktors 3 zu beeinträchtigen.

[0026] In den Fig. 2A und 2B sind zwei Ausführungsbeispiele für mögliche Aktoren 3 dargestellt. Fig. 2A zeigt dabei einen Stapelaktor 3, welcher aus einzelnen piezoelektrischen Schichten 14 besteht. Dabei können eine oder mehrere der Schichten 14 als Ausgleichsschichten bzw. in ihrer Gesamtheit als Ausgleichsaktor 16 konzipiert und in dem Stapelaktor 3 integriert sein. An einer beliebigen Stelle im Stapelaktor 3 ist das Meßelement 13 angeordnet. Eine Meßspannung  $U_M$  wird einseitig an dem Aktor 3 abgegriffen, so daß die Druckkraft gemessen werden kann. An der anderen Seite des Meßelements 13 liegt die Aktorspannung  $U_A$  an.

[0027] Wie in Fig. 2B dargestellt, kann der Ausgleichsaktor 16 beispielsweise auch in Form eines separaten Ausgleichsaktors 16 ausgelegt sein. Dabei ist der Aktor 3 in seiner Gesamtheit aus einem Öffnungsaktor 17, dem Ausgleichsaktor 16 und dem Meßelement 13 aufgebaut. Jedes Teil ist separat ansteuerbar. Auf gleichem Potential liegende Leitungen, beispielsweise die Masseleitungen, können dabei zur Vereinfachung auch zusammengeführt werden.

[0028] Die Fig. 3A und 3B verdeutlichen die Kraft  $F$ , welche durch den Aktor 3 ausgeübt und durch das Meßelement 13 gemessen wird.

[0029] In Fig. 3A ist die alleinige Kraft  $F_A$  des Öffnungsaktors 17, welcher entweder aus der Gesamtheit der in Öffnungsrichtung wirkenden Schichten 14 des Stapelaktors 3 gemäß Fig. 2A oder aus dem einstückigen Ausgleichsaktor 16 gemäß Fig. 2B gebildet wird, als Funktion der Zeit  $t$  dar-

gestellt. Durch die hohe Dynamik der piezoelektrischen Aktoren 3 ist ein nahezu rechteckiger Kraftverlauf darstellbar, welcher sich über die Öffnungszeit  $t_i$  erstreckt. Ein Spielausgleich wird hierbei nicht ermöglicht.

[0030] Fig. 3B zeigt die kombinierte Wirkung des Öffnungsaktors 17 und des Ausgleichsaktors 16.

[0031] Zwischen zwei Einspritzzyklen wird dabei dem Ausgleichsaktor 16 eine kleine Erregerspannung zugeführt, durch welche sich der Ausgleichsaktor 16 so weit ausdehnt, bis der Ausgleichsspalt 9 geschlossen ist. Das Meßelement 13 detektiert den geschlossenen Ausgleichsspalt 9 durch eine Erhöhung der auf das Meßelement 13 wirkenden Druckkraft. Der Spielausgleich wird zu einem Zeitpunkt beendet, an dem die Druckkraft noch nicht ausreicht, um die Ventilnadel 8 zu betätigen. Zum Ausgleich der temperaturbedingten Längenänderungen erfolgt der Spielausgleich langsamer als der Öffnungsvorgang des Brennstoffeinspritzventils 1.

[0032] Wird das Brennstoffeinspritzventil 1 betätigt, indem der Öffnungsaktor 17 betätigt wird, ist der Ausgleichsspalt 9 geschlossen und die Bewegung des Öffnungsaktors 17 wird unverzüglich über das Betätigungselement 7 auf die Ventilnadel 8 übertragen. Die Erregerspannung für den Ausgleichsaktor 16 kann während der offenen Phase des Brennstoffeinspritzventils 1 beibehalten oder zur Dämpfung der Ventilnadel 8 abgeschaltet werden.

[0033] Beim Schließen des Brennstoffeinspritzventils 1 werden beide Erregerspannungen ausgeschaltet, so daß alle Aktorbereiche für den nächsten Einspritzzyklus in ihren Ruhezustand zurückkehren.

[0034] Alternativ kann der Ausgleichsaktor 16 auch während des gesamten Einspritzzyklus unter Spannung gehalten werden. Der Spielausgleich kann damit kontinuierlich erfolgen, ein Ladungsverlust des Ausgleichsaktors kann durch Nachladen kompensiert werden. In den Spritzpausen kontrolliert das Meßelement 13, ob die zulässige Maximalkraft des Ausgleichsaktors nicht überschritten wird, um ein ungewolltes Öffnen des Brennstoffeinspritzventils 1 zu verhindern. Der Ausgleichsaktor 16 kann dabei kontinuierlich oder schrittweise entladen werden oder ganz von der Spannungsquelle getrennt werden. Entsprechende Algorithmen des Regelkreises berücksichtigen dabei die Temperatur des Brennstoffeinspritzventils 1, Temperaturänderungen, den Lastzustand der Brennkraftmaschine sowie gelernte Werte aus vorangegangenen Einspritzzyklen.

[0035] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt und zum Beispiel auch für magnetostriktive Aktoren 3, für beliebige Bauformen von Meßelementen 13 sowie für beliebige Bauweisen von Brennstoffeinspritzventilen 1 anwendbar.

#### Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzventil (1) zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit einem piezoelektrischen oder magnetostriktiven Aktor (3) und einem von dem Aktor (3) betätigbaren Ventilschließkörper (11), der mit einer Ventilsitzfläche (12) zu einem Dichtsitz zusammenwirkt, wobei in einem Betätigungspfad zwischen dem Aktor (3) und dem Ventilschließkörper (11) ein Ausgleichsspalt (9) vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem Aktor (3) und/oder in dem Betätigungspfad ein Meßelement (13) vorgesehen ist, wobei das Meßelement (13) die durch den Aktor (3) auf den Ventilschließkörper (11) ausgeübten Kräfte mißt und der Aktor (3) so geregelt wird, daß der Ausgleichsspalt (9) geschlossen gehalten wird.

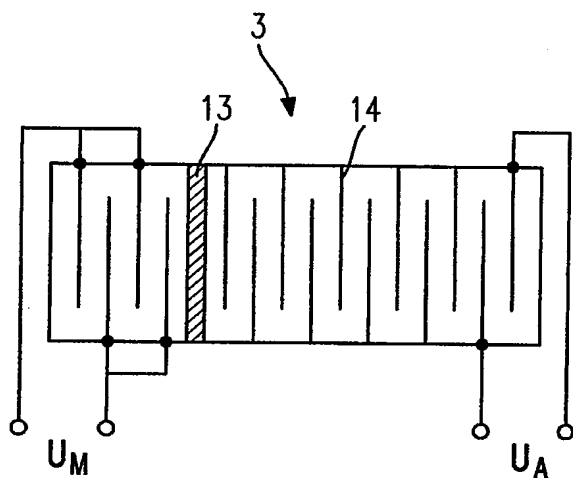


Fig. 2A

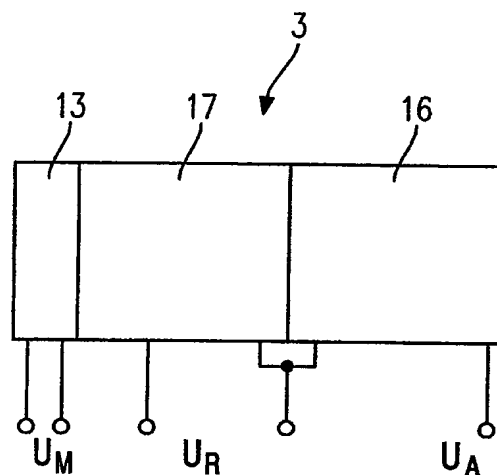


Fig. 2B

Fig. 3A

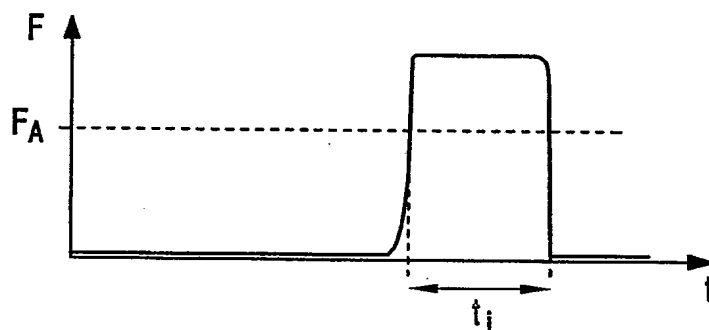


Fig. 3B

